

101/DE 2 004 / 002 300

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DE 04/02387



REC'D 05 JAN 2005

WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 51 562.3

Anmeldetag: 03. November 2003

Anmelder/Inhaber: myonic GmbH, 88299 Leutkirch/DE

Bezeichnung: Tribologische Vorrichtung

IPC: F 16 C 33/30

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. November 2004
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

Remus

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

Anmelderin:

myonic GmbH
Steinbeisstraße 4
88299 Leutkirch

"Tribologische Vorrichtung"

Die Erfindung betrifft eine tribologische Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Tribologische Vorrichtungen in Form von Wälzlagern finden in vielfältigen Maschinen und Geräten Einsatz. Je nach Anwendungsgebiet müssen die einzelnen Lagerkomponenten den unterschiedlichsten Anforderungen gewachsen sein.

Bei medizinischen Geräten, wie beispielsweise Zahnarztturbinen, liegen eine ganze Reihe von außerordentlichen Anforderungen vor. So müssen diese Lager zum einen sehr klein als sogenannte Miniaturkugellager ausgebildet sein, zum anderen jedoch sehr hohen Drehzahlen (bis ca. 500.000 U/min) Stand halten. Daher werden derartige Miniaturkugellager mit höchster Präzision gefertigt, wobei hierfür Materialien ausgewählt werden, die eine solche Präzisionsbearbeitung zulassen und hohen mechanischen Belastungen Stand halten.

Neben den vorgenannten Bedingungen ergeben sich bei vielen medizinischen Geräten wie einem Zahnarztbohrer die zusätzliche Anforderung, dass alle Komponenten thermisch äußerst stabil sein müssen. Dies wird bedingt dadurch, dass nach jeder Behandlung ein solches Gerät bei 134°C mit

mindestens 3 Minuten im Sattdampf bei 2 bar Dampfdruck sterilisiert wird. Die Dynamik der physikalischen Parameter, d.h. beispielsweise die zeitlichen Änderungen von Temperatur, Feuchte und Druck kann dabei extreme Ausmaße annehmen.

Daher ist man auf keramische Kugeln übergegangen, die aus Siliziumnitrid bestehen.

Gegenüber Siliziumnitrid bietet Zirkondioxid den Vorteil, dass der Elastizitätsmodul sowie die thermische Längenausdehnung von Zirkondioxid wesentlich näher an den entsprechenden Größen der metallischen Werkstoffe (z.B. korrosionsbeständiger Stahl mit Werkstoffnummer 1.4125 nach EN 10027) liegt, die üblicherweise für die übrigen Gerätekompontenten bzw. Lagerkomponenten, beispielsweise die Lagerringe, verwendet werden.

Um Zirkondioxid bei normaler Umgebungstemperatur, z.B. Raumtemperatur mit ausreichenden mechanischen Eigenschaften zu erhalten, wurde bislang Y_2O_3 als stabilisierender Zusatzstoff zugesetzt. Hierdurch lässt sich wenigstens teilweise eine tetragonale Gefügestruktur als metastabiler Zustand erreichen.

Dieses Material weist jedoch den Nachteil auf, dass bei Sterilisationsbedingungen, d.h. dem Angriff von gesättigtem Heißdampf unter hoher Temperatur dieser metastabile Zustand und somit die damit verbundenen mechanischen Eigenschaften verloren gehen.

Für sterilisierbare Geräte, wie Dentalhandstücke sind daher bislang Lager unter Verwendung von Zirkondioxid nicht geeignet.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine tribologische Vorrichtung mit Wälzkörpern für den Einsatz in

sterilisierbaren Geräten, wie Dentalhandstücken, usw. vorzuschlagen, bei denen wenigstens die Oberfläche auf der Basis von Zirkondioxid aufgebaut ist.

Diese Aufgabe wird ausgehend von einer tribologischen Vorrichtung der einleitend genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 oder des Anspruchs 3 gelöst.

Durch die in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung möglich.

Dementsprechend zeichnet sich eine erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch aus, dass wenigstens die Oberfläche der Wälzkörper aus mit Zusatzstoffen stabilisiertem Zirkondioxid besteht, wobei das Zirkondioxid wenigstens teilweise eine tetragonale Struktur aufweist.

Dabei wird gemäß Anspruch 1 als Stabilisierungszusatz MgO , CeO_2 oder Sc_2O_3 vorgesehen. Auch Kombinationen von zwei solchen Stoffen oder von allen drei Stoffen sind möglich, um die gewünschten mechanischen und thermischen Eigenschaften zu erzielen, wobei diese Eigenschaften heißdampfstabil ausgebildet sind, d.h. sie bleiben bei einer Vielzahl von Sterilisationsvorgängen mit Heißdampf erhalten. Je nach Zielrichtung der entsprechenden Eigenschaften sind hierbei die Mengen der zugesetzten Zusatzstoffe zu wählen. Die stabilisierenden Zusatzstoffe dienen hierbei vornehmlich dem Erhalt der tetragonalen Struktur bei Raumtemperatur.

In einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird als Zusatzstoff Y_2O_3 zur Stabilisierung tetragonaler Struktur des Zirkondioxids verwendet, wobei hierbei darauf zu achten ist, dass das Zirkondioxid eine Primärkorngröße kleiner als 300 nm, vorzugsweise kleiner als 100 nm aufweist. Der

stabilisierende Effekt wird hierbei durch die Oberflächenenergie bewirkt. Bei der Verwendung von Y_2O_3 hat es sich gezeigt, dass für eine erforderliche Resistenz gegen Heißdampf in den oben angeführten Temperaturbereichen die Primärkorngröße des Zirkondioxids in der genannten Größenordnung maßgeblich ist. Y_2O_3 kann dabei auch in Kombination mit einem oder mehreren der oben angeführten Zusatzstoffe verwendet werden.

Bei den anderen oben angeführten Zusatzstoffen ist eine entsprechende Auswahl der Primärkorngröße vor der Verpressung zur erfindungsgemäßen Keramik im Bereich kleiner 100 nm, vorzugsweise kleiner 300 nm zwar ebenfalls vorteilhaft, um die stabilisierenden Effekte zu verstärken, im Zusammenhang mit diesen Zusatzstoffen sind jedoch auch bei größeren Korngrößen ausreichende Ergebnisse hinsichtlich der Dampfdegradationsbeständigkeit zu erzielen.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass zur Erzielung der gewünschten Temperatureigenschaften in Verbindung mit der gewünschten Materialstabilität gegenüber Heißdampf eine Kombination von Maßnahmen erforderlich ist. Eine dieser Maßnahmen besteht darin, wenigstens teilweise eine tetragonale Struktur im Zirkondioxid auszubilden. Die andere Maßnahme besteht im Einbringen von Zusatzstoffen zur Stabilisierung der tetragonalen Struktur des Zirkondioxids bei niedrigen Temperaturen, z.B. bei Raumtemperatur. Auf diese Weise ist es möglich, die erforderlichen thermischen und mechanischen Eigenschaften im Bereich des Zirkondioxids auszubilden. Erfindungsgemäße Wälzkörper sind im Rahmen der geforderten Sterilisationszeit, -temperatur, und -druck mit gesättigtem Heißdampf (3 min/ 134 °C/ 2 bar/ 100 % rel. Feuchte) ohne weiteres verwendbar, d.h. sie genügen z.B. der Norm E DIN EN 13060:2002. Sie sind darüber hinaus teilweise bis zu 450°C Bauteiltemperatur heißdampfbeständig.

Vorzugsweise weist das Zirkondioxid hierbei wenigstens zur Hälfte, bezogen auf seine Masse, eine tetragonale Struktur auf, um die positive Wirkung einer solchen Gefügestruktur verstärkt zu nutzen. Im Extremfall kann das Zirkondioxid im Wesentlichen auch vollständig in der tetragonalen Struktur vorliegen, d.h. als sogenannter TZP (Tetragonal Zirkonia Polycrystal).

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird wenigstens ein Wälzkörper vollständig aus einem erfindungsgemäßen mit Zusatzstoff stabilisierten Zirkondioxid mit überwiegend tetragonaler Struktur gefertigt, so dass eine aufwändige Verbindung zwischen einer Beschichtung und einem Substrat, die u.a. ebenfalls heißdampfbeständig und mechanisch hochstabil sein müsste, entfällt.

In einer Weiterbildung dieser Ausführungsform werden alle Wälzkörper eines Wälzlagers aus einem erfindungsgemäßen stabilisierten Zirkondioxid gefertigt. Zum einen wird hierdurch die Anzahl unterschiedlicher Komponenten für eine erfindungsgemäße Vorrichtung reduziert. Darüber hinaus ist durch die Verwendung aller Wälzkörper aus erfindungsgemäß stabilisiertem Zirkondioxid gewährleistet, dass alle Wälzkörper die entsprechende Standfestigkeit und thermische Belastbarkeit aufweisen, so dass die Belastbarkeit des Wälzlagers nicht durch einen etwaigen anders gearteten Wälzkörper beeinträchtigt wird. Darüber hinaus wird auf diese Weise zuverlässig vermieden, dass durch etwaige Dichteunterschiede der Wälzkörper Probleme beim Rundlauf auftreten.

Die erfindungsgemäßen Wälzkörper sind besonders geeignet für schnelllaufende Miniaturlagern, bei denen die Wälzkörper einen Radius von ≤ 4 mm aufweisen.

In einer bestimmten Ausführungsform der Erfindung werden die Wälzkörper als Kugeln ausgebildet. Dementsprechend bildet die entsprechende tribologische Vorrichtung ein Kugellager. Es ist jedoch ohne weiteres möglich, einen erfindungsgemäßen Wälzkörper auch als Rollenwälzkörper oder Nadelwälzkörper auszubilden, um ein Rollenlager oder Nadellager zu verwirklichen.

Im Falle eines Rollenlagers werden die als Wälzkörper vorgesehenen Rollen bevorzugt mit einem axialen, elliptischen oder parabolischen Randabfall versehen. Ein solcher Randabfall sorgt für einen kontinuierlichen Abfall der Belastung am axialen Randbereich, so dass hier Spannungsüberhöhungen vermieden werden. Weiterhin erleichtert ein solcher axialer Randabfall die axiale Führung der Rollenwälzkörper. Darüber hinaus ist ein solcher Wälzkörper ohne Kante leicht aus keramischem Material wie Zirkondioxid herzustellen.

Um die gewünschten thermischen und mechanischen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Wälzkörper zu erreichen, sind unterschiedliche Kombinationen von Gefügestrukturen und Mengenverhältnisse von Zusatzstoffen möglich.

So kann mit einer Zugabe von 0,5 bis 5 Gewichtsprozent MgO eine ausreichende Stabilisierung erreicht werden. Weiterhin kann durch eine Gefügeverteilung aus kubischer, tetragonaler und monokliner Struktur das gewünschte Ergebnis erreicht werden, wobei überwiegend eine tetragonale Struktur vorgesehen ist und die monokline Zirkondioxidphase weniger als 10 Gewichtsprozent ausmacht.

Weiterhin hat sich in einer besonderen Ausführungsform eine Stabilisierung des Zirkondioxids mit 8 bis 10 Gewichtsprozent CeO_2 als vorteilhaft erwiesen. Bei Zugabe von Sc_2O_3 hat sich eine Dosierung in Höhe von 0,5 bis 13 Molprozent bewährt.

Bei einer Stabilisierung mittels Y_2O_3 werden gute Ergebnisse bei einer Dosierung von 0,1 bis 4,5 Gewichtsprozent in Verbindung mit den o.a. Primärkorngrößen erreicht.

Zur Verbesserung der gewünschten Eigenschaft ist es weiterhin von Vorteil, wenn das Zirkondioxid im Wesentlichen, d.h. soweit als möglich, vollständig eine tetragonale Struktur aufweist.

Weiterhin hat es sich als vorteilhaft erwiesen, einem erfindungsgemäß stabilisierten Zirkondioxid weitere Zusatzstoffe, z.B. Al_2O_3 und/oder Cr_2O_3 , beizufügen. Derartige Zusatzstoffe sind geeignet, die tetragonale Struktur des ZrO_2 auch unter Sterilisationsbedingungen, d.h. unter Heißdampfumgebung zu stabilisieren. Hierbei wurden gute Ergebnisse mit 0,5 bis 0,9 Gewichtsprozent von einem oder beiden Stoffen erzielt, wobei dieser Zusatzstoff bzw. diese Zusatzstoffe entweder im Zirkondioxidgitter gelöst sein können oder mit dem erfindungsgemäß stabilisierten Zirkondioxid Phasen bildet.

Bevorzugt werden die Wälzkörper aus erfindungsgemäß stabilisiertem Zirkondioxid nach dem sogenannten Sol-Gel-Verfahren hergestellt. Das Sol-Gel-Verfahren stellt eine chemische Synthese von keramischen Werkstoffen unter Bildung von Sole und anschließender Umwandlung in ein Gel sowie weiterer Verarbeitung dar.

Ein anderes Verfahren zur Fertigung der Wälzkörper besteht darin, Zirkondioxid aus einem Pulver, bevorzugt mit der oben angeführten Struktur zu sintern. Das Sintern der Wälzkörper kann hierbei auf unterschiedliche Weise, beispielsweise drucklos und/oder gasdruck- und/oder heißisostatisch vorgenommen werden.

Die vorgenannten Herstellungsverfahren sind im Einzelnen in der Norm ENV 14232 beschrieben.

Mit all diesen Verfahren lassen sich erfindungsgemäße Wälzkörper herstellen, sofern den wesentlichen Merkmalen der Erfindung Rechnung getragen wird, d.h. die beschriebenen Zusatzstoffe zur Stabilisierung des Zirkondioxids beigesetzt werden und die zur Verfügung stehenden Verfahrensparameter bzw. die Auswahl des Rohmaterials so getroffen wird, dass der erforderliche Anteil an tetragonaler Gefügestruktur im fertigen Wälzkörper vorzufinden ist. Ein geringer Anteil von Verunreinigungen, z.B. Fe_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , CaO , usw. stört dabei nicht wesentlich.

Verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren sowie tabellarisch dargestellt und werden nachfolgend näher erläutert.

Figur 1 zeigt eine perspektivische, transparente Darstellung einer Dentalturbine und

Figur 2 eine perspektivische Darstellung eines zugehörigen Kugellagers.

In Figur 2 sind die beiden Kugellager 1 und 2 beidseits des Turbinenrads im Kopf 3 des zugehörigen Dentalhandstücks zu sehen. Jedes Kugellager 1, 2 beinhaltet einen inneren Lagerring 4 sowie einen äußeren Lagerring 5, zwischen denen Lagerkugeln 6 in entsprechenden Laufbahnen laufen und in einem Lagerkäfig 7 fixiert werden. In axialer Richtung ist jedes Kugellager 1, 2 durch Abdeckscheiben 8 verschlossen.

Erfindungsgemäß werden nunmehr Lagerkugeln 6 vorgesehen, die gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 auf der Basis von

Zirkondioxid gefertigt sind. Die nachfolgend dargestellte Tabelle veranschaulicht einige mögliche Zusammensetzungen von Zirkondioxidkugeln.

ZrO₂-Kugeln

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>mol.-% Y₂O₃</u>	<u>mol.-% CeO₂</u>
1	3,9 mol.-% Y ₂ O ₃	0,1 mol.-% CeO ₂
2	3,5 mol.-% Y ₂ O ₃	0 mol.-% CeO ₂
3	0 mol.-% Y ₂ O ₃	16 mol.-% CeO ₂

Die oben angeführten beispielhaft angegebenen Keramikzusammensetzungen können verwendet werden, um mit einem der beschriebenen Verfahren Lagerkugeln mit der erforderlichen Sterilisationsbeständigkeit und mechanischen Stabilität zu erzielen, wobei beim Y₂O₃ die o.a. Primärkorngrößen einzuhalten sind. Ein anderes Ausführungsbeispiel besteht beispielsweise darin, ZrO₂-Kugeln mit 21 Gewichtsprozent CeO₂ und 0,6 Gewichtsprozent AL₂O₃ die tetragonale Phase des Zirkondioxids zu stabilisieren.

Erfindungsgemäße Kugeln mit Durchmesser 1 mm zeigen Bruchlasten größer 200 N, je nach Zusammensetzung bis zu 400 N oder mehr.

Endbearbeitete Kugeln wurden auf 1000 bzw. 2000 Sterilisationszyklen getestet und dabei unterschiedlichen Druckbelastungen ausgesetzt. Kugeln gemäß Nr. 3 der oben angeführten Tabelle mit einem Durchmesser von 1 mm zeigten dabei einen sehr geringen Verlust an Drucklast von weniger als 5 %.

Bezugszeichenliste:

- 1 Kugellager
- 2 Kugellager
- 3 Kopf
- 4 innerer Lagerring
- 5 äußerer Lagerring
- 6 Lagerkugel
- 7 Lagerkäfig
- 8 Abdeckscheiben

Ansprüche:

1. Tribologische Vorrichtung, insbesondere Miniaturwälzlager mit Wälzkörpern, die an Wälzbahnen abrollen, wobei wenigstens ein Wälzkörper wenigstens teilweise aus mit einem Zusatzstoff stabilisiertem Zirkondioxid besteht und das Zirkondioxid wenigstens teilweise eine tetragonale Struktur aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens die Oberfläche des Wälzkörpers aus mit MgO und/oder CeO_2 und/oder Sc_2O_3 stabilisiertem Zirkondioxid besteht.
2. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zirkondioxid eine Primärkorngröße kleiner als 300 nm, vorzugsweise kleiner als 100 nm aufweist.
3. Tribologische Vorrichtung, insbesondere Miniaturwälzlager mit Wälzkörpern, die an Wälzbahnen abrollen, wobei wenigstens ein Wälzkörper wenigstens an der Oberfläche aus mit Y_2O_3 stabilisiertem Zirkondioxid besteht und das Zirkondioxid wenigstens teilweise eine tetragonale Struktur aufweist, insbesondere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Zirkondioxid eine Primärkorngröße kleiner als 300 nm, vorzugsweise kleiner als 100 nm aufweist.
4. Tribologische Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Zirkondioxid wenigstens zur Hälfte bezogen auf seine Masse eine tetragonale Struktur aufweist.
5. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zirkondioxid im Wesentlichen vollständig eine tetragonale Struktur aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Wälzkörper vollständig aus mit einem Zusatzstoff stabilisierten Zirkondioxid besteht.
7. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle Wälzkörper eines Wälzlagers aus stabilisiertem Zirkondioxid besteht.
8. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper einen Radius ≤ 4 mm aufweisen.
9. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper Kugeln sind.
10. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper Rollen oder Nadeln sind.
11. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rollen einen axialen, elliptischen oder parabolischen Randabfall aufweisen.
12. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zirkondioxid mit 0,5 bis 5 Gewichtsprozent MgO stabilisiert ist.
13. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zirkondioxid einen Anteil mit kubischer, tetragonaler und weniger als 10 Gewichtsprozent monokliner Zirkondioxid-Phase umfasst.
14. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zirkondioxid mit 8 bis 26 Gewichtsprozent CeO₂ stabilisiert ist.

15. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zirkondioxid mit 0,5 bis 13 Molprozent Sc_2O_3 stabilisiert ist.

16. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zirkondioxyd mit 0,1 bis 4,5 Gewichtsprozent Y_2O_3 stabilisiert ist.

17. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass 0,5 bis 0,9 Gewichtsprozent Al_2O_3 und/oder Cr_2O_3 zugefügt sind, wobei dieser Zusatzstoff bzw. diese Zusatzstoffe im Zirkondioxid-Gitter gelöst sind oder mit dem gemäß einem der vorgenannten Ansprüche stabilisierten Zirkondioxid Phasen bildet.

18. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper aus Zirkondioxid nach dem Sol-Gel-Verfahren hergestellt sind.

19. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper aus Zirkondioxid gesintert sind.

20. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper drucklos und/oder gasdruck- und/oder heißisostatisch gesintert.

Zusammenfassung:

Es wird eine tribologische Vorrichtung, insbesondere ein Miniaturwälzlager mit Wälzkörpern vorgeschlagen, die bis 450 Grad Bauteiltemperatur heißdampfbeständig sind und an Wälzbahnen abrollen, wobei die Wälzkörper auf der Basis von Zirkondioxid aufgebaut sind. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass wenigstens die Oberfläche der Wälzkörper aus mit MgO und/oder CeO₂ und/oder SC₂O₃ stabilisierte Zirkondioxid besteht, wobei das Zirkondioxid wenigstens teilweise eine tetragonale Struktur aufweist. In einer weiteren Ausführung der Erfindung wird die Stabilisierung mit Y₂O₃ vorgenommen, wobei die Primärkorngroße kleiner als 300 nm, vorzugsweise kleiner als 100 nm gewählt wird.

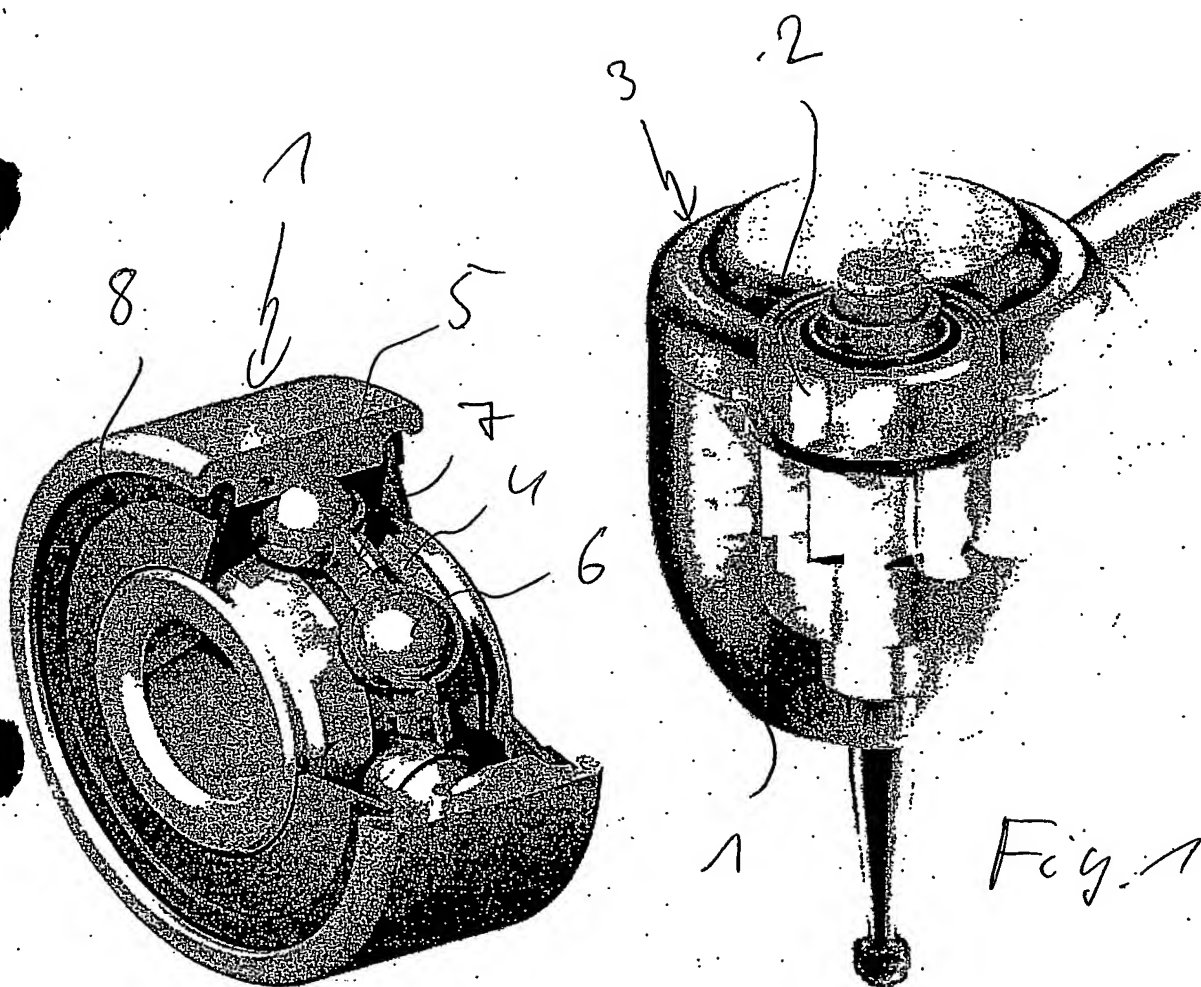


Fig. 2

Fig. 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.